

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

**PCT**

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

|   |   |   |
|---|---|---|
| Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts<br><b>IHP.167.PCT</b> | <b>WEITERES<br/>VORGEHEN</b><br>siehe Mitteilung über die Übermittlung des Internationalen<br>Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit<br>zutreffend, nachstehender Punkt 5 |   |
| Internationales Aktenzeichen<br><b>PCT/DE 99/ 03362</b>       | Internationales Anmeldedatum<br>(Tag/Monat/Jahr)<br><b>16/10/1999</b>   | (Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)<br><b>21/10/1998</b> |

Anmelder

**INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRANKFURT ... et al.**

Dieser Internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser Internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 4 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

**1. Grundlage des Berichts**

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die Internationale Recherche auf der Grundlage der Internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die Internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der Internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der Internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die Internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der Internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der Internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der Internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

**4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung**

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt

**INTEGRIERTER POLYKRISTALLINER SILIZIUMWIDERSTAND MIT KOHLENSTOFF ODER GERMANIUM**

**5. Hinsichtlich der Zusammenfassung**

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses Internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

Feld III

WORTLAUT DER ZUSAMMENFASSUNG (Fortsetzung von Punkt 5 auf Blatt 1)

Die Zusammenfassung ist wie folgt geändert:

Die Erfindung bezieht sich auf einen integrierten hochohmigen polykristallinen Siliziumwiderstand und ein Verfahren zu einer Herstellung, bei dem die Toleranzempfindlichkeit während des Herstellungsprozesses und damit der Widerstandtoleranzwert verbessert, der Temperaturkoeffizient gegenüber bisherigen derartigen Widerständen verringert und die Stabilität derartiger Widerstände erhöht wird. Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch die Reduzierung der Diffusion bzw. des Diffusionskoeffizienten der Dotierelemente innerhalb der einkristallinen Körner aufgrund des Einbaus von Kohlenstoff und/oder durch die Anwendung von polykristallinen SiGe mit oder ohne Kohlenstoffbeigabe erreicht. Anstelle der bisher üblichen Abscheidung von reinen, meist amorphen oder polykristallinen Si-Schichten und anschliessender Implantation und Temperung oder auch in-situ-Dotierelementen, z.B. Bor, Phosphor, Arsen oder Antimon, wird eine Abscheidung von  $\text{Si}_{1-y}\text{C}_y$  oder SiGeC angewandt.

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H01L21/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

| Kategorie <sup>o</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------------------|--|--------------------|
| X                      | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 013, no. 181 (E-750),<br>27. April 1989 (1989-04-27)<br>& JP 01 007549 A (FUJITSU LTD),<br>11. Januar 1989 (1989-01-11)<br>Zusammenfassung<br>-& JP 01 007549 A (FUJITSU LTD)<br>11. Januar 1989 (1989-01-11)<br>Seite 2, rechte Spalte; Abbildung 1<br>---- | 1, 2, 4, 5         |
| X                      | EP 0 116 702 A (IBM)<br>29. August 1984 (1984-08-29)<br>Seite 6, Absatz 3 -Seite 8, Absatz 3;<br>Ansprüche; Beispiel 2<br>-----<br>-/-   | 1, 2, 4, 6         |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie<sup>o</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. März 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/03/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentkan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 008, no. 139 (E-253),<br>28. Juni 1984 (1984-06-28)<br>& JP 59 048952 A (SONY KK),<br>21. März 1984 (1984-03-21)<br>Zusammenfassung<br>----  | 1,2,4,6            |
| X          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 004, no. 036 (E-003),<br>26. März 1980 (1980-03-26)<br>& JP 55 008026 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND<br>CO LTD), 21. Januar 1980 (1980-01-21)  | 1,3                |
| A          | Zusammenfassung<br>-& JP 55 008026 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND<br>CO LTD) 21. Januar 1980 (1980-01-21)<br>Seite 2; Abbildung 3<br>----  | 4,6                |
| A          | EP 0 859 402 A (TEXAS INSTRUMENTS INC)<br>19. August 1998 (1998-08-19)<br>Spalte 3, Zeile 49 -Spalte 5, Zeile 16;<br>Ansprüche 1,6,7<br>----   | 1,2,4-6            |
| A          | LI V Z-Q ET AL: "Structure and<br>properties of rapid thermal chemical vapor<br>deposited polycrystalline<br>silicon-germanium films on SiO2 using<br>Si2H6, GeH4, and B2H6 gases"<br>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS,<br>Bd. 83, Nr. 10, 15. Mai 1998 (1998-05-15),<br>Seiten 5469-5476, XP000769723<br>ISSN: 0021-8979<br>Zusammenfassung<br>Abschnitt I. "Introduction"<br>----- | 5                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT 99/03362

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| JP 01007549 A                             | 11-01-1989          | NONE                       |                     |
| EP 0116702 A                              | 29-08-1984          | JP 59152657 A              | 31-08-1984          |
| JP 59048952 A                             | 21-03-1984          | NONE                       |                     |
| JP 55008026 A                             | 21-01-1980          | NONE                       |                     |
| EP 0859402 A                              | 19-08-1998          | JP 10209440 A              | 07-08-1998          |

# PCT

## REQUEST

The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty.

For receiving Office use only

International Application No.

International Filing Date

Name of receiving Office and "PCT International Application"

Applicant's or agent's file reference  
(if desired) (12 characters maximum) IHP.167.PCT

**Box No. I TITLE OF INVENTION**

Integrated High-Ohmic Polycrystalline Silicon Resistor and Method of its Fabrication

**Box No. II APPLICANT**

☐ This person is also inventor

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

Institut fuer Halbleiterphysik  
Frankfurt (Oder) GmbH  
Walter-Korsing-Strasse 2  
D-15230 Frankfurt (Oder)  
Germany

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

Applicant's registration No. with the Office

State (that is, country) of nationality:  
Germany

State (that is, country) of residence:  
Germany

This person is applicant for the purposes of: ☐ all designated States ☒ all designated States except the United States of America ☐ the United States of America only ☐ the States indicated in the Supplemental Box

**Box No. III FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S)**

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

Dr. Wolfgang Mehr  
Strasse 12 Nr. 3  
D-15754 Friedersdorf  
Germany

This person is:

☐ applicant only

☒ applicant and inventor

☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

Applicant's registration No. with the Office

State (that is, country) of nationality:  
Germany

State (that is, country) of residence:  
Germany

This person is applicant for the purposes of: ☐ all designated States ☐ all designated States except the United States of America ☒ the United States of America only ☐ the States indicated in the Supplemental Box

☐ Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet.

**Box No. IV AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE; OR ADDRESS FOR CORRESPONDENCE**

The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:

☒ agent ☐ common representative

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country.)

Heitsch, Wolfgang  
European Patent Representative  
Goehlsdorfer Strasse 25 g  
D-14778 Jeserig  
Germany

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

Agent's registration No. with the Office

☐ Address for correspondence: Mark this check-box where no agent or common representative is/has been appointed and the space above is used instead to indicate a special address to which correspondence should be sent.

Box No.V DESIGNATION OF STATES

Mark the applicable check-boxes below. At least one must be marked.

The following designations are hereby made under Rule 4.9(a):

**Regional Patent**

- ☐ **AP ARIPO Patent:** GH Ghana, GM Gambia, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, MZ Mozambique, SD Sudan, SL Sierra Leone, SZ Swaziland, TZ United Republic of Tanzania, UG Uganda, ZW Zimbabwe, and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT
- ☐ **EA Eurasian Patent:** AM Armenia, AZ Azerbaijan, BY Belarus, KG Kyrgyzstan, KZ Kazakhstan, MD Republic of Moldova, RU Russian Federation, TJ Tajikistan, TM Turkmenistan, and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT
- ☒ **EP European Patent:** AT Austria, BE Belgium, CH & LI Switzerland and Liechtenstein, CY Cyprus, DE Germany, DK Denmark, ES Spain, FI Finland, FR France, GB United Kingdom, GR Greece, IE Ireland, IT Italy, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Netherlands, PT Portugal, SE Sweden, TR Turkey, and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT
- ☐ **OA OAPI Patent:** BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Central African Republic, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroon, GA Gabon, GN Guinea, GW Guinea-Bissau, ML Mali, MR Mauritania, NE Niger, SN Senegal, TD Chad, TG Togo, and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line) .....

**National Patent (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line):**

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> <b>AE</b> United Arab Emirates                   | <input type="checkbox"/> <b>GE</b> Georgia                                   | <input type="checkbox"/> <b>MW</b> Malawi                              |
| <input type="checkbox"/> <b>AG</b> Antigua and Barbuda                    | <input type="checkbox"/> <b>GH</b> Ghana                                     | <input type="checkbox"/> <b>MX</b> Mexico                              |
| <input type="checkbox"/> <b>AL</b> Albania                                | <input type="checkbox"/> <b>GM</b> Gambia                                    | <input type="checkbox"/> <b>MZ</b> Mozambique                          |
| <input type="checkbox"/> <b>AM</b> Armenia                                | <input type="checkbox"/> <b>HR</b> Croatia                                   | <input type="checkbox"/> <b>NO</b> Norway                              |
| <input type="checkbox"/> <b>AT</b> Austria                                | <input type="checkbox"/> <b>HU</b> Hungary                                   | <input type="checkbox"/> <b>NZ</b> New Zealand                         |
| <input type="checkbox"/> <b>AU</b> Australia                              | <input type="checkbox"/> <b>ID</b> Indonesia                                 | <input type="checkbox"/> <b>PL</b> Poland                              |
| <input type="checkbox"/> <b>AZ</b> Azerbaijan                             | <input type="checkbox"/> <b>IL</b> Israel                                    | <input type="checkbox"/> <b>PT</b> Portugal                            |
| <input type="checkbox"/> <b>BA</b> Bosnia and Herzegovina                 | <input type="checkbox"/> <b>IN</b> India                                     | <input type="checkbox"/> <b>RO</b> Romania                             |
|   | <input type="checkbox"/> <b>IS</b> Iceland                                   | <input type="checkbox"/> <b>RU</b> Russian Federation                  |
| <input type="checkbox"/> <b>BB</b> Barbados                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>JP</b> Japan                          |  |
| <input type="checkbox"/> <b>BG</b> Bulgaria                               | <input type="checkbox"/> <b>KE</b> Kenya                                     | <input type="checkbox"/> <b>SD</b> Sudan                               |
| <input type="checkbox"/> <b>BR</b> Brazil                                 | <input type="checkbox"/> <b>KG</b> Kyrgyzstan                                | <input type="checkbox"/> <b>SE</b> Sweden                              |
| <input type="checkbox"/> <b>BY</b> Belarus                                | <input type="checkbox"/> <b>KP</b> Democratic People's Republic of Korea     | <input type="checkbox"/> <b>SG</b> Singapore                           |
| <input type="checkbox"/> <b>BZ</b> Belize                                 |  | <input type="checkbox"/> <b>SI</b> Slovenia                            |
| <input type="checkbox"/> <b>CA</b> Canada                                 | <input type="checkbox"/> <b>KR</b> Republic of Korea                         | <input type="checkbox"/> <b>SK</b> Slovakia                            |
| <input type="checkbox"/> <b>CH &amp; LI</b> Switzerland and Liechtenstein | <input type="checkbox"/> <b>KZ</b> Kazakhstan                                | <input type="checkbox"/> <b>SL</b> Sierra Leone                        |
| <input type="checkbox"/> <b>CN</b> China                                  | <input type="checkbox"/> <b>LC</b> Saint Lucia                               | <input type="checkbox"/> <b>TJ</b> Tajikistan                          |
| <input type="checkbox"/> <b>CO</b> Colombia                               | <input type="checkbox"/> <b>LK</b> Sri Lanka                                 | <input type="checkbox"/> <b>TM</b> Turkmenistan                        |
| <input type="checkbox"/> <b>CR</b> Costa Rica                             | <input type="checkbox"/> <b>LR</b> Liberia                                   | <input type="checkbox"/> <b>TR</b> Turkey                              |
| <input type="checkbox"/> <b>CU</b> Cuba                                   | <input type="checkbox"/> <b>LS</b> Lesotho                                   | <input type="checkbox"/> <b>TT</b> Trinidad and Tobago                 |
| <input type="checkbox"/> <b>CZ</b> Czech Republic                         | <input type="checkbox"/> <b>LT</b> Lithuania                                 |  |
| <input type="checkbox"/> <b>DE</b> Germany                                | <input type="checkbox"/> <b>LU</b> Luxembourg                                | <input type="checkbox"/> <b>TZ</b> United Republic of Tanzania         |
| <input type="checkbox"/> <b>DK</b> Denmark                                | <input type="checkbox"/> <b>LV</b> Latvia                                    | <input type="checkbox"/> <b>UA</b> Ukraine                             |
| <input type="checkbox"/> <b>DM</b> Dominica                               | <input type="checkbox"/> <b>MA</b> Morocco                                   | <input type="checkbox"/> <b>UG</b> Uganda                              |
| <input type="checkbox"/> <b>DZ</b> Algeria                                | <input type="checkbox"/> <b>MD</b> Republic of Moldova                       | <input checked="" type="checkbox"/> <b>US</b> United States of America |
| <input type="checkbox"/> <b>EE</b> Estonia                                |  | <input type="checkbox"/> <b>UZ</b> Uzbekistan                          |
| <input type="checkbox"/> <b>ES</b> Spain                                  | <input type="checkbox"/> <b>MG</b> Madagascar                                | <input type="checkbox"/> <b>VN</b> Viet Nam                            |
| <input type="checkbox"/> <b>FI</b> Finland                                | <input type="checkbox"/> <b>MK</b> The former Yugoslav Republic of Macedonia | <input type="checkbox"/> <b>YU</b> Yugoslavia                          |
| <input type="checkbox"/> <b>GB</b> United Kingdom                         | <input type="checkbox"/> <b>MN</b> Mongolia                                  | <input type="checkbox"/> <b>ZA</b> South Africa                        |
| <input type="checkbox"/> <b>GD</b> Grenada                                |  | <input type="checkbox"/> <b>ZW</b> Zimbabwe                            |

Check-boxes below reserved for designating States which have become party to the PCT after issuance of this sheet:

- |                                |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ..... | <input type="checkbox"/> ..... | <input type="checkbox"/> ..... |
| <input type="checkbox"/> ..... | <input type="checkbox"/> ..... | <input type="checkbox"/> ..... |

**Precautionary Designation Statement:** In addition to the designations made above, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all other designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) indicated in the Supplemental Box as being excluded from the scope of this statement. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit. (Confirmation (including fees) must reach the receiving Office within the 15-month time limit.)

**Box No. VI PRIORITY CLAIM**

The priority of the following earlier application(s) is hereby claimed:

| Filing date<br>of earlier application<br>(day/month/year) | Number<br>of earlier application | Where earlier application is:    |   |  |
|---|----------------------------------|----------------------------------|---|--|
|   |                                  | national application:<br>country | regional application:*<br>regional Office | international application:<br>receiving Office |
| item (1)<br>21.10.1998<br>21 October 1998                 | 198 49 471.8                     | Germany                          |   |  |
| item (2)  |                                  |                                  |   |  |
| item (3)  |                                  |                                  |   |  |
| item (4)  |                                  |                                  |   |  |
| item (5)  |                                  |                                  |   |  |

☐ Further priority claims are indicated in the Supplemental Box.

The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) (only if the earlier application was filed with the Office which for the purposes of this international application is the receiving Office) identified above as:

☐ all items   ☐ item (1)   ☐ item (2)   ☐ item (3)   ☐ item (4)   ☐ item (5)   ☐ other, see Supplemental Box

\* Where the earlier application is an ARIPO application, indicate at least one country party to the Paris Convention for the Protection of Industrial Property or one Member of the World Trade Organization for which that earlier application was filed (Rule 4.10(b)(ii)): .....

**Box No. VII INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

**Choice of International Searching Authority (ISA)** (if two or more International Searching Authorities are competent to carry out the international search, indicate the Authority chosen; the two-letter code may be used):

ISA/ .....

**Request to use results of earlier search; reference to that search** (if an earlier search has been carried out by or requested from the International Searching Authority):

Date (day/month/year)                      Number                      Country (or regional Office)

**Box No. VIII DECLARATIONS**

The following declarations are contained in Boxes Nos. VIII (i) to (v) (mark the applicable check-boxes below and indicate in the right column the number of each type of declaration):

Number of  
declarations

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Box No. VIII (i)   | Declaration as to the identity of the inventor   | : |
| <input type="checkbox"/> Box No. VIII (ii)  | Declaration as to the applicant's entitlement, as at the international filing date, to apply for and be granted a patent             | : |
| <input type="checkbox"/> Box No. VIII (iii) | Declaration as to the applicant's entitlement, as at the international filing date, to claim the priority of the earlier application | : |
| <input type="checkbox"/> Box No. VIII (iv)  | Declaration of inventorship (only for the purposes of the designation of the United States of America)                               | : |
| <input type="checkbox"/> Box No. VIII (v)   | Declaration as to non-prejudicial disclosures or exceptions to lack of novelty   | : |



**Box No. IX CHECK LIST; LANGUAGE OF FILING**

| This international application contains:   |             | This international application is accompanied by the following item(s) (mark the applicable check-boxes below and indicate in right column the number of each item):   | Number of items |
|--|-------------|--|-----------------|
| (a) the following number of sheets in paper form:  |             |  |                 |
| request (including declaration sheets)   | : 3         | 1. <input type="checkbox"/> fee calculation sheet  | :               |
| description (excluding sequence listing part)  | : 4         | 2. <input type="checkbox"/> original separate power of attorney  | :               |
| claims   | : 2         | 3. <input type="checkbox"/> original general power of attorney   | :               |
| abstract   | : 1         | 4. <input checked="" type="checkbox"/> copy of general power of attorney; reference number, if any: .....  | :               |
| drawings   | : 1         | 5. <input type="checkbox"/> statement explaining lack of signature   | :               |
| <b>Sub-total number of sheets</b>  | : <b>11</b> | 6. <input type="checkbox"/> priority document(s) identified in Box No. VI as item(s): .....  | :               |
| sequence listing part of description ( <i>actual number of sheets if filed in paper form, whether or not also filed in computer readable form; see (b) below</i> )   | : .....     | 7. <input type="checkbox"/> translation of international application into (language): .....  | :               |
| <b>Total number of sheets</b>  | : <b>11</b> | 8. <input type="checkbox"/> separate indications concerning deposited microorganism or other biological material   | :               |
| (b) sequence listing part of description filed in computer readable form   |             | 9. <input type="checkbox"/> sequence listing in computer readable form (indicate also type and number of carriers (diskette, CD-ROM, CD-R or other))   | :               |
| (i) <input type="checkbox"/> only (under Section 801 (a)(i))   |             | (i) <input type="checkbox"/> copy submitted for the purposes of international search under Rule 13ter only (and not as part of the international application)  | :               |
| (ii) <input type="checkbox"/> in addition to being filed in paper form (under Section 801 (a)(ii))   |             | (ii) <input type="checkbox"/> ( <i>only where check-box (b)(i) or (b)(ii) is marked in left column</i> ) additional copies including, where applicable, the copy for the purposes of international search under Rule 13ter | :               |
| <b>Type and number of carriers</b> (diskette, CD-ROM, CD-R or other) on which the sequence listing part is contained ( <i>additional copies to be indicated under item 9(ii), in right column</i> ): ..... |             | (iii) <input type="checkbox"/> together with relevant statement as to the identity of the copy or copies with the sequence listing part mentioned in left column   | :               |
|  |             | 10. <input type="checkbox"/> other ( <i>specify</i> ): .....   | :               |
| <b>Figure of the drawings</b> which should accompany the abstract: 1   |             | <b>Language of filing of the international application:</b> German   |                 |

**Box No. X SIGNATURE OF APPLICANT, AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE**

Next to each signature, indicate the name of the person signing and the capacity in which the person signs (if such capacity is not obvious from reading the request).

signed: Wolfgang Heitsch

| For receiving Office use only   |   | 2. Drawings:<br><br><input type="checkbox"/> received:<br><br><input type="checkbox"/> not received: |
|---|---|--|
| 1. Date of actual receipt of the purported international application:   |   |  |
| 3. Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application: |   |  |
| 4. Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2):  |   |  |
| 5. International Searching Authority (if two or more are competent): ISA/   | 6. <input type="checkbox"/> Transmittal of search copy delayed until search fee is paid |  |

| For International Bureau use only                               |
|---|
| Date of receipt of the record copy by the International Bureau: |

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

To:

HEITSCH, Wolfgang  
Göhlisdorfer Strasse 25g  
D-14778 Jeserig  
ALLEMAGNE

|  |  |
|--|--|
| Date of mailing (day/month/year)<br>31 May 2000 (31.05.00) | IMPORTANT NOTIFICATION   |
| Applicant's or agent's file reference<br>IHP.167.PCT       |  |
| International application No.<br>PCT/DE99/03362            | International filing date (day/month/year)<br>16 October 1999 (16.10.99) |

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant
 ☐ the inventor
 ☐ the agent
 ☐ the common representative

## Name and Address

 INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK  
 FRANKFURT (ODER) GMBH  
 Walter-Korsing-Strasse 2  
 D-15230 Frankfurt (Oder)  
 Germany

## State of Nationality

DE

## State of Residence

DE

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person
 ☐ the name
 ☒ the address
 ☐ the nationality
 ☐ the residence

## Name and Address

 INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK  
 FRANKFURT (ODER) GMBH  
 Im Technologiepark 25  
 D-15236 Frankfurt (Oder)  
 Germany

## State of Nationality

DE

## State of Residence

DE

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

## 3. Further observations, if necessary:

## 4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office
 ☒ the designated Offices concerned  
☐ the International Searching Authority
 ☐ the elected Offices concerned  
☐ the International Preliminary Examining Authority
 ☐ other:

 The International Bureau of WIPO  
 34, chemin des Colombettes  
 1211 Geneva 20, Switzerland

Authorized officer

Ellen Moyse

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C.20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

|  |  |
|--|--|
| Date of mailing (day/month/year)<br>14 June 2000 (14.06.00)              |  |
| International application No.<br>PCT/DE99/03362                          | Applicant's or agent's file reference<br>IHP.167.PCT         |
| International filing date (day/month/year)<br>16 October 1999 (16.10.99) | Priority date (day/month/year)<br>21 October 1998 (21.10.98) |
| Applicant<br>MEHR, Wolfgang  |  |

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:11 May 2000 (11.05.00)☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

|   |  |
|---|--|
| The International Bureau of WIPO<br>34, chemin des Colombettes<br>1211 Geneva 20, Switzerland | Authorized officer<br>Christelle Croci |
| Facsimile No.: (41-22) 740.14.35  | Telephone No.: (41-22) 338.83.38       |

09/807947

JC08 Rec'd PCT/PTO 20 APR 2001

**IN THE UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE**

International Application No.: PCT/DE99/03362

International Filing Date: 16 October 1999

Inventor: Mehr, Wolfgang

For: Integrated Polycrystalline Silicon Resistor  
with Carbon or Germanium

**English Translation of  
Specification and Claims as Annexed to the  
International Preliminary Examination Report  
dated 22 January 2001**

I/PRTS

JC08 Rec'd PCT/PTO 20 APR 2001

REPLACED BY  
ART 34 AMBT

5

**Integrated Polycrystalline Silicon Resistor  
with Carbon or Germanium**

The invention relates to an integrated high ohmic polycrystalline silicon  
10 resistor and to a method of its fabrication.

In microelectronics integrated resistors are being used in analog as  
well as in digital circuits or control circuits. These resistors are to possess the  
lowest possible tolerances and a high stability. Resistors based upon  
15 polycrystalline materials are a particularly cost-efficient variant, but for many  
applications high ohmic resistors in particular do not attain sufficient values of  
stability and tolerance.

In integrated circuits, semiconductor resistors are used because of  
20 their compatibility with conventional technological methods of fabrication and  
because of relatively simple possibilities of variation as, for instance, by  
doping. Amorphous as well as polycrystalline semiconductor layers, silicon in  
particular, are used as the basic material. Resistance properties such as, for  
instance, resistance value, resistance tolerances and temperature stability are  
25 essentially determined by the geometric dimensions of the resistance layer,  
by the basic material used, by the doping elements, the doping method  
applied, by the doping concentration and by the ensuing processes, above all  
by the temperature/time stresses arising in connection therewith.

30 Because of their grain structure, problems of stability arise in high  
ohmic polysilicon layers. These are caused in particular by the out-diffusion

of the dopants from the monocrystalline areas, the segregation of the dopants at the grain boundaries, the attachment of charge carriers in deep traps of the grain boundaries as well as by the formation of potential barriers at the grain boundaries associated therewith. The increase in resistance tolerance  
5 resulting therefrom, particularly by the temperature/time stress in ensuing process steps, and in the temperature coefficient leads to limitations in the application of high-ohmic polycrystalline resistors.

It is the task of the invention to propose an integrated high-ohmic  
10 polycrystalline silicon resistor and a method of its fabrication, in which the sensitivity to tolerances during the fabrication process and, hence, the resistance tolerance value are improved and the temperature coefficient is reduced relative to conventional resistors of this kind. Furthermore, it is a task of the invention to raise the stability of such resistors.

15 This task is accomplished, in accordance with the invention, by reducing the diffusion or the diffusion coefficient of the doping elements within the monocrystalline grains by the incorporation of carbon and/or by the use of polycrystalline SiGe with or without the addition of carbon.

20 In this manner it is possible to fabricate high-ohmic polysilicon resistors, having, in particular, resistance layer thicknesses  $R_s \geq 10^3 \Omega/$  with improved values of tolerance and stability.

25 A precipitation of  $Si_{1-y}C_y$  or SiGeC is used, instead of the hitherto conventional precipitation of pure and usually amorphous or polycrystalline Si layers followed by implantation and annealing or *in situ* doping with doping elements such as, for instance, boron, phosphorus, arsenic or antimony.

30 In this connection use is being made of the effect that adding carbon leads to a reduction of the diffusion coefficient of the doping elements, in

particular of boron, and thus to a reduction or prevention of the segregation effects at the grain boundaries or of the out-diffusion of the doping elements from the monocrystalline areas. This results in stabilization of the potential barrier and thus leads to a reduction in the temperature dependency of the  
5 resistor.

The use of SiGe as a basic material also leads to reduced temperature dependency.

10 The addition of carbon and/or germanium to the silicon may be carried out, for instance, *in situ* or by implantation followed by annealing.

The above-mentioned effects are improved by combining the two additives as a SiGe layer.

15

It is thus possible by the described method to fabricate high-ohmic polycrystalline silicon resistors with reduced temperature coefficients, increased stability and improved tolerance values.

20 Aside from the claims the characteristics of the invention are also apparent from the specification and drawings, the individual characteristics by themselves or in any combination constituting protectible embodiments for which protection is being sought here.

25 An embodiment of the invention is presented in the drawing and will be described in greater detail hereinafter.

Fig. 1 schematically depicts the structure of an integrated polycrystalline resistor. The resistor in accordance with the invention consists  
30 of a substrate 1, a dielectric substance 2, a doped polycrystalline layer 3 and metallic contacts 4. The polycrystalline layer 3 may consist of SiGeC, but

Si<sub>1-y</sub>C<sub>y</sub> or SiGe also lie within the ambit of the invention. The geometric dimensions and the doping of the polycrystalline layer 3 depend upon the resistance value to be achieved.

5           For purposes of fabrication, a dielectric substance 2 is precipitated on a substrate 1. This is followed by precipitation and structuring of the polycrystalline or still amorphous layer 3. In addition to boron doping, carbon and/or germanium is added to the silicon *in situ* or by implantation and subsequent annealing. The concentration of boron, carbon and germanium  
10   also depend upon the resistance value to be achieved. This is followed by a further precipitation of the dielectric substance 2 and by the fabrication of the metallic contacts 4.

          In connection with the present invention, an integrated high-ohmic  
15   polycrystalline silicon resistor and a method of its fabrication have been described on the basis of a concrete embodiment. It is, however, to be noted that the present invention is not limited to details of the embodiment described, since alterations and mutations are being claimed within the scope of the claims.

20

25

30



## Patent Claims

1. Integrated high-ohmic polycrystalline silicon resistor comprising a substrate (1), a dielectric substance (2), a resistance layer and contacts (4), **characterized by the fact** that the resistance layer consists of a polycrystalline layer (3) of SiC, SiGe or SiGeC.
2. Integrated high-ohmic silicon resistor of claim 1, **characterized by the fact** that the polycrystalline layer (3) is doped with doping elements, in particular boron.
3. Integrated high-ohmic silicon resistor of claim 1 or 2, **characterized by the fact** that the substrate (1) contains carbon and/or germanium.
4. Method of fabricating an integrated high-ohmic polycrystalline silicon resistor, characterized by the method steps of:
  - precipitating a dielectric substance (2) on a substrate (1), in particular a silicon wafer,
  - precipitating and doping an amorphous or polycrystalline layer (3) of SiC, SiGe or SiGeC;
  - further precipitation of the dielectric substance (2) and fabricating the metallic contacts (4).
5. Method of claim 4, **characterized by the fact** that in addition to boron doping, carbon and/or germanium are added to the silicon *in situ*.
6. Method of claim 4, **characterized by the fact** that in addition to the boron doping, carbon and/or germanium are added to the silicon by implantation followed by annealing.

## Abstract

The invention relates to an integrated high-ohmic polycrystalline silicon resistor and to a corresponding method of its fabrication. The invention aims at providing an integrated high-ohmic polycrystalline silicon resistor and to a method of fabricating the resistor, wherein tolerance sensitivity during fabrication and the value of resistance tolerance are improved and the temperature coefficient is reduced compared to conventional resistors. The invention also aims at enhancing the stability of the resistor. In accordance with the invention, this is achieved by reducing the diffusion or the diffusion coefficient of the doping element in the monocrystalline grains by including carbon and/or by using polycrystalline SiGe with or without carbon. Instead of precipitating pure generally amorphous or polycrystalline Si layers and subsequently implanting and annealing or carrying out *in situ* doping with doping elements, e.g. boron, phosphorus, arsenic or antimony, precipitation of  $\text{Si}_{1-y}\text{C}_y$  or SiGeC is carried out.

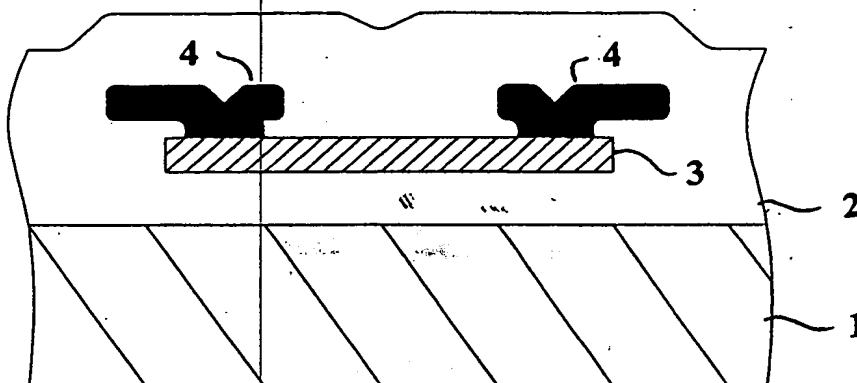


Fig. 1

# VERTRAG ÜBER INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

REC'D 24 JAN 2001

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

|  |  |   |
|--|--|---|
| Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts<br>IHP.167.PCT                                       | <b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416) |   |
| Internationales Aktenzeichen<br>PCT/DE99/03362   | Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)<br>16/10/1999  | Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag)<br>21/10/1998 |
| Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK<br>H01L21/02 |  |   |
| Anmelder<br>INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRANKFURT ... et al.                               |  |   |

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.



2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 5 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

|  |  |
|--|--|
| Datum der Einreichung des Antrags<br>11/05/2000  | Datum der Fertigstellung dieses Berichts<br>22.01.2001   |
| Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:<br> Europäisches Patentamt<br>D-80298 München<br>Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d<br>Fax: +49 89 2399 - 4465 | Bevollmächtigter Bediensteter<br>Götz, A<br>Tel. Nr. +49 89 2399 2498<br> |

**I. Grundlage des Berichts**

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

**Beschreibung, Seiten:**

1-4                            eingegangen am                            07/10/2000    mit Schreiben vom                            06/10/2000

**Patentansprüche, Nr.:**

1,2                            eingegangen am                            07/10/2000    mit Schreiben vom                            06/10/2000

**Zeichnungen, Blätter:**

1/1                            ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/03362

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,      Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☒ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*  
**siehe Beiblatt**

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

|                                |                 |      |
|--------------------------------|-----------------|------|
| Neuheit (N)                    | Ja: Ansprüche   | 1, 2 |
|                                | Nein: Ansprüche |      |
| Erfinderische Tätigkeit (ET)   | Ja: Ansprüche   |      |
|                                | Nein: Ansprüche | 1, 2 |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (GA) | Ja: Ansprüche   | 1, 2 |
|                                | Nein: Ansprüche |      |

### 2. Unterlagen und Erklärungen **siehe Beiblatt**

## VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:  
**siehe Beiblatt**

## VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:  
**siehe Beiblatt**

- 1 Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 181 (E-750), 27. April 1989 (1989-04-27) & JP 01 007549 A (FUJITSU LTD), 11. Januar 1989 (1989-01-11) & JP 01 007549 A (FUJITSU LTD) 11. Januar 1989 (1989-01-11)  
D2: EP-A-0 116 702 (IBM) 29. August 1984 (1984-08-29)  
D3: EP-A-0 859 402 (TEXAS INSTRUMENTS INC) 19. August 1998 (1998-08-19).

### **Zu Punkt I**

#### **Grundlage des Berichts**

- 2 Die mit Schreiben vom 07.10.2000 eingereichten Änderungen bringen Sachverhalte ein, die im Widerspruch zu Artikel 34 (2) b) PCT über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgehen. Es handelt sich dabei um folgende Änderungen:
- 2.1 Eine Schicht aus SiGe:C ist ursprünglich nicht offenbart. Das Merkmal "... wobei die Widerstandsschicht aus einer polykristallinen Schicht aus SiGe:C besteht ..." in Anspruch 1 wird daher für die Beurteilung der Neuheit und der erfinderischen Tätigkeit nicht berücksichtigt. Stattdessen wird das Merkmal des ursprünglichen Anspruchs 1 "... wobei die Widerstandsschicht aus einer polykristallinen Schicht aus SiC, SiGe oder SiGeC besteht ..." der Prüfung zugrundegelegt.
- 2.2 Die Merkmale "Erzeugen einer polykristallinen Schicht aus SiGe:C ..." und "... durch in situ Abscheidung von SiGe:C ..." in Anspruch 2 werden folglich ebenso für die Beurteilung der Neuheit und der erfinderischen Tätigkeit nicht berücksichtigt. Stattdessen werden die Materialien wie im ursprünglichen Anspruch 4 der Prüfung zugrundegelegt, wobei die genannten Merkmale entsprechend dem ursprünglichen Anspruch 4 dann "Erzeugen einer polykristallinen Schicht aus SiC, SiGe oder SiGeC ..." und "... durch in situ Abscheidung von SiC, SiGe oder SiGeC ..." lauten.
- 2.3 Daß die polykristalline Schicht mit Phosphor dotiert ist (Anspruch 1) bzw. mit Phosphor dotiert wird (Anspruch 2) ist ursprünglich nicht offenbart. Das Merkmal "...oder Phosphor..." in Anspruch 1 und 2 wird daher bei der Prüfung nicht berücksichtigt.
- 2.4 Die Implantation von Si mit "Ge:C" in Anspruch 2 ist ursprünglich nicht offenbart.

Das Merkmal "... mit Ge:C ..." wird daher bei der Prüfung nicht berücksichtigt.

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

- 3 Der Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 der vorliegenden Anmeldung kann aus folgenden Gründen nicht als erfinderisch betrachtet werden (Artikel 33(3) PCT):
- Das Dokument D1 offenbart (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument):
- einen integrierten hochohmigen polykristallinen Widerstand, der ein Substrat, ein Dielektrikum, eine Widerstandsschicht und Kontakte beinhaltet, wobei die Widerstandsschicht aus einer polykristallinen Schicht aus SiC, SiGe oder SiGeC besteht (vgl. englischsprachige Zusammenfassung und Fig. 1 (das Bezugszeichen 1 bzw. 1a steht für eine SiC-Schicht, vgl. Seite 314, linke Spalte, vorletzte Zeile)).
- Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich von dem in Dokument D1 beschriebenen Widerstand lediglich dadurch, daß in D1 nicht explizit erwähnt wird, daß die polykristalline Schicht dotiert ist. Es handelt sich hierbei aber um ein triviales Merkmal, da es üblich ist, Halbleiterwiderstände durch die Dotierung einzustellen. Bor ist einer der gebräuchlichen Dotierstoffe.

Es wird darauf hingewiesen, daß D2 ebenfalls für die Frage der erfinderischen Tätigkeit des Anspruchs 1 relevant ist (vgl. D2, Seite 6, Zeile 33- Seite 7, Zeile 3 und Seite 10, Zeilen 6-19).

In D2 werden zwar Kontakte nicht explizit erwähnt, Widerstände müssen aber Kontakte haben, wenn sie z.B. in einer integrierten Schaltung verwendet werden sollen. Die Kontakte werden daher als implizit in D2 offenbart betrachtet. Insbesondere ist das Merkmal die polykristalline Schicht mit Bor zu dotieren aus D2 bekannt (vgl. D2, Seite 10, Zeilen 11-12).

Es wird des weiteren darauf hingewiesen, daß in D1 und D2 die selben Ziele wie in der vorliegenden Anmeldung verfolgt werden. Insbesondere wird in D1 eine geringere Temperaturabhängigkeit und in D2 Stabilität, Reproduzierbarkeit und



genaue Einstellbarkeit des Widerstandswerts (vgl. D2, Seite 6, Zeilen 27-31) als vorteilhaft genannt.

- 4 Der Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 2 der vorliegenden Anmeldung kann aus folgenden Gründen nicht als erfinderisch betrachtet werden (Artikel 33(3) PCT):

Das Dokument D2 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 2 angesehen. Es offenbart (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument):

ein Verfahren, zur Herstellung eines integrierten hochohmigen polykristallinen Widerstands (vgl. Seite 6, Zeile 33- Seite 7, Zeile 3), mit den Verfahrensschritten:

- Aufbringen eines Dielektrikums auf ein Substrat, insbesondere einen Si-Wafer (vgl. Anspruch 10),
- Erzeugen einer polykristallinen Schicht aus SiC, SiGe oder SiGeC (vgl. Seite 10, Zeilen 6-19), wobei die polykristalline Schicht durch in situ Abscheidung von SiC, SiGe oder SiGeC oder Implantation von Si mit anschließender Temperung erzeugt wird (vgl. Seite 10, Zeilen 6-19);
- Dotierung der polykristallinen Schicht mit Dotierelementen, insbesondere Bor (vgl. z.B. Seite 7, Zeile 18);
- weiteres Aufbringen des Dielektrikums (vgl. Seite 10, Zeilen 15-18).

Der Gegenstand des Anspruchs 2 unterscheidet sich daher von dem bekannten Verfahren dadurch, daß i) das Dielektrikum in D2 aufgewachsen wird (vgl. Seite 12, Zeile 1), während in Anspruch 2 definiert ist, daß das Dielektrikum abgeschieden wird und dadurch, daß ii) die Herstellung der metallischen Kontakte in D2 nicht erwähnt wird.

Bei dem Unterschied i) handelt es sich um ein bekanntes Äquivalent, da in der Mikroelektronik Dielektrika alternativ entweder aufgewachsen oder abgeschieden werden. Der Unterschied ii) betrifft ein triviales Merkmal, da Widerstände in integrierten Schaltungen üblicherweise mittels metallischer Kontakte angeschlossen werden.

Es wird darauf hingewiesen, daß in situ Zugabe von Kohlenstoff oder Germanium eine offensichtliche Variante zur Ionenimplantation darstellt. Die beiden Alternativen zur Dotierung von Polysilicium mit Kohlenstoff oder Germanium sind

zum Beispiel in D3 beschrieben (vgl Fig. 3a-5a und 3b-5b und dazugehörige Beschreibung).

**Zu Punkt VII**

**Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

- 5 Im Widerspruch zu den Erfordernissen der Regel 5.1 a) ii) PCT werden in der Beschreibung weder der in den Dokumenten D1-D3 offenbarte einschlägige Stand der Technik noch diese Dokumente angegeben.

**Zu Punkt VIII**

**Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

- 6 Die verschwommene und unpräzise Angabe in der Beschreibung auf Seite 3, Zeilen 19-22 erweckt den Eindruck, daß der Gegenstand, für den Schutz begehrt wird, nicht dem in den Ansprüchen definierten Gegenstand entspricht, und führt daher zur Unklarheit (Artikel 6 PCT), wenn die Beschreibung zur Auslegung der Ansprüche herangezogen wird (vgl. die PCT Richtlinien, III-4.3a).
- 7 Es wird darauf hingewiesen, daß der in den Ansprüchen 1 und 2 verwendeten Begriff "SiGe:C" keine klar umrissene Bedeutung hat. Die Verwendung des Begriffs SiGe:C führt daher zu einer unklaren Definition des Gegenstandes dieser Ansprüche (Artikel 6 PCT).
- 8 Es ist unklar (Artikel 6 PCT) was eine "in situ Abscheidung" ist (Anspruch 2).
- 9 Der Satz "..., wobei die polykristalline Schicht durch ... erfolgt, ..." (Anspruch 2) ist unklar (Artikel 6 PCT).
- 10 Es ist unklar (Artikel 6 PCT) was eine "Implantation ... mit Ge:C" sein soll (Anspruch 2).

### **Integrierter polykristalliner Siliziumwiderstand mit Kohlenstoff oder Germanium**

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf einen integrierten hochohmigen polykristallinen Siliziumwiderstand und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

In der Mikroelektronik werden integrierte Widerstände sowohl in analogen als auch in digitalen Schaltungen bzw. Schaltkreisen verwendet. Diese Widerstände sollten möglichst geringe Toleranzen und eine hohe Stabilität aufweisen. Widerstände auf der Basis polykristalliner Materialien sind eine besonders kostengünstige Variante, erreichen aber insbesondere bei hochohmigen Widerständen für viele Anwendungszwecke keine ausreichenden Stabilitäts- und Toleranzwerte.

15 In integrierten Schaltkreisen werden aufgrund der Kompatibilität zu den üblichen technologischen Herstellungsverfahren und der relativ einfachen Variationsmöglichkeit, z. B. durch Dotierung, Halbleiterwiderstände verwendet. Als Grundmaterial werden sowohl amorphe als auch polykristalline Halbleiterschichten, insbesondere Silizium, benutzt.

Widerstandseigenschaften wie z. B. Widerstandswert, Widerstandstoleranzen und Temperaturstabilität werden im wesentlichen durch die geometrischen Abmessungen der Widerstandsschicht, durch das verwendete Grundmaterial, durch die Dotierelemente, durch das verwendete Dotierungsverfahren, durch die Dotierungskonzentration und durch nachfolgende Prozesse, vor allem durch die dabei auftretenden Temperatur/Zeit-Belastungen, bestimmt.

Bei hochohmigen Polysiliziumschichten treten aufgrund der Kornstruktur Stabilitätsprobleme auf. Die Ursachen hierfür sind insbesondere die Ausdiffusion der Dotanden aus den einkristallinen Gebieten, die Segregation der Dotierstoffe an den Korngrenzen, die Verhaftung von Ladungsträgern in tiefen Traps der Korngrenzen sowie die damit verbundene Bildung von Potentialbarrieren an den Korngrenzen. Die daraus resultierende Erhöhung der Widerstandstoleranz, insbesondere durch die Temperatur/Zeit-Belastung bei nachfolgenden Prozeßschritten, und des Temperaturkoeffizienten führt zu Einschränkungen der Applikation von hochohmigen polykristallinen Widerständen.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen integrierten hochohmigen polykristallinen Siliziumwiderstand und ein Verfahren zu seiner Herstellung vorzuschlagen, bei dem die Toleranzempfindlichkeit während des Herstellungsprozesses und damit der Widerstandstoleranzwert verbessert sowie der Temperaturkoeffizient gegenüber bisherigen derartigen Widerständen verringert wird. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, die Stabilität derartiger Widerstände zu erhöhen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Reduzierung der Diffusion bzw. des Diffusionskoeffizienten der Dotierelemente innerhalb der einkristallinen Körner aufgrund des Einbaus von Kohlenstoff und/oder durch die Anwendung von polykristallinem SiGe mit oder ohne Kohlenstoffbeigabe erreicht.

Damit ist es möglich, hochohmige Polysiliziumwiderstände, insbesondere mit Schichtwiderständen  $R_S \geq 10^3 \Omega / \square$  mit verbesserten Toleranz- und Stabilitätswerten herzustellen.

Anstelle der bisher üblichen Abscheidung von reinen, meist amorphen oder polykristallinen Si-Schichten und anschließender Implantation und Temperung oder auch in-situ-Dotierung

mit Dotierelementen, z. B. Bor, Phosphor, Arsen oder Antimon, wird eine Abscheidung von  $\text{Si}_{1-y}\text{C}_y$  oder  $\text{SiGeC}$  angewandt.

Dabei wird der Effekt ausgenutzt, daß eine Kohlenstoffbeigabe zu einer Reduzierung der Diffusionskoeffizienten der Dotierelemente, insbesondere Bor, und damit zu einer Reduzierung bzw. Verhinderung der Segregationseffekte an den Korngrenzen bzw. der Ausdiffusion der Dotierelemente aus den einkristallinen Bereichen führt. Dies bewirkt eine Stabilisierung der Potentialbarriere und führt damit zu einer Reduzierung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes.

Die Verwendung von  $\text{SiGe}$  als Grundmaterial führt ebenfalls zu einer Reduzierung der Temperaturabhängigkeit.

Die Zugabe von Kohlenstoff und/oder Germanium in das Silizium erfolgt beispielsweise in situ oder durch eine Implantation mit anschließender Temperung.

Durch die Kombination beider Beigaben in Form einer  $\text{SiGeC}$ -Schicht verstärken sich die obengenannten Effekte.

Mit dem angegebenen Verfahren lassen sich somit hochohmige polykristalline Siliziumwiderstände mit reduziertem Temperaturkoeffizienten, erhöhter Stabilität und verbesserten Toleranzwerten herstellen.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau eines integrierten polykristallinen Widerstandes.

Der erfindungsgemäße Widerstand besteht aus einem Substrat 1, einem Dielektrikum 2, einer dotierten polykristallinen Schicht 3 und metallischen Kontakten 4. Die polykristalline

5 Schicht 3 besteht aus SiGeC, aber auch  $\text{Si}_{1-y}\text{C}_y$  oder SiGe liegen im Bereich der Erfindung. Die geometrischen Abmessungen und die Dotierung der polykristallinen Schicht 3 richten sich nach dem zu erzielenden Widerstandswert.

Zur Herstellung wird auf ein Substrat 1 ein Dielektrikum 2 abgeschieden. Anschließend erfolgt eine Abscheidung und Strukturierung der polykristallinen bzw. noch amorphen

10 Schicht 3. Neben der Bor-Dotierung erfolgt die Zugabe von Kohlenstoff und/oder Germanium in das Silizium in situ oder durch eine Implantation mit anschließender Temperung. Die Konzentrationen von Bor, Kohlenstoff und Germanium richten sich ebenfalls nach dem zu erzielenden Widerstandswert. Anschließend erfolgt die weitere Abscheidung des Dielektrikums 2 und die Herstellung der metallischen Kontakte 4.

15

In der vorliegenden Erfindung wurde anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels ein integrierter hochohmiger polykristalliner Siliziumwiderstand und ein Verfahren zu seiner Herstellung erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung im Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist, da im Rahmen

20 der Patentansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

**Patentansprüche**

- 5 1. Integrierter hochohmiger polykristalliner Widerstand, der ein Substrat (1), ein Dielektrikum (2), eine Widerstandsschicht und Kontakte (4) beinhaltet, wobei die Widerstandsschicht aus einer polykristallinen Schicht (3) aus SiGe:C besteht und die polykristalline Schicht (3) mit Dotierelementen, insbesondere Bor oder Phosphor, dotiert ist.
- 10 2. Verfahren zur Herstellung eines integrierten hochohmigen polykristallinen Widerstandes nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:
- Abscheidung eines Dielektrikums (2) auf ein Substrat (1), insbesondere einen Si-Wafer,
  - 15 - Erzeugung einer polykristallinen Schicht (3) aus SiGe:C, wobei die polykristalline Schicht (3) durch in situ Abscheidung von SiGe:C oder Implantation von Si mit Ge:C mit anschließender Temperung erfolgt,
  - Dotierung der polykristallinen Schicht (3) mit Dotierelementen, insbesondere Bor oder Phosphor
  - 20 - weitere Abscheidung des Dielektrikums (2) und Herstellung der metallischen Kontakte (4).

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

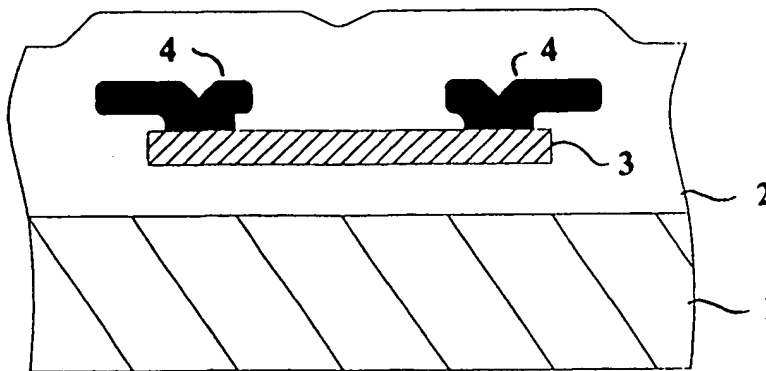
|  |           |   |
|--|-----------|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :<br><b>H01L 21/02</b>   | <b>A1</b> | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/24043</b><br><br>(43) Internationales<br>Veröffentlichungsdatum: 27. April 2000 (27.04.00)  |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03362<br>(22) Internationales Anmeldedatum: 16. Oktober 1999 (16.10.99)<br><br>(30) Prioritätsdaten:<br>198 49 471.8 21. Oktober 1998 (21.10.98) DE<br><br>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): INSTI-<br>TUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRANKFURT (ODER)<br>GMBH [DE/DE]; Walter-Korsing-Strasse 2, D-15230<br>Frankfurt (Oder) (DE).<br><br>(72) Erfinder; und<br>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEHR, Wolfgang [DE/DE];<br>Strasse 12, Nr. 3, D-15754 Friedersdorf (DE).<br><br>(74) Anwalt: HEITSCH, Wolfgang; Göhlsdorfer Strasse 25g,<br>D-14778 Jeserig (DE). |           | (81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,<br>CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,<br>NL, PT, SE).<br><br>Veröffentlicht<br>Mit internationalem Recherchenbericht.<br>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen<br>Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen<br>eintreffen. |

(54) Title: INTEGRATED POLYCRYSTALLINE SILICON RESISTANCE WITH CARBON OR GERMANIUM

(54) Bezeichnung: INTEGRIERTER POLYKRISTALLINER SILIZIUMWIDERSTAND MIT KOHLENSTOFF ODER GERMANIUM

(57) Abstract

The invention relates to an integrated high ohmic polycrystalline silicon resistance and to a corresponding production method. The invention aims at providing an integrated high ohmic polycrystalline silicon resistance and a method for the production of said resistance, wherein tolerance sensitivity during production and the value of resistance tolerance are improved and temperature coefficient is reduced in comparison with existing resistances. The invention also aims at enhancing the stability of said resistance. According to the invention, this is achieved by reducing the diffusion or the diffusion coefficients of the doping element in the monocrystalline grains by including carbon and/or by using polycrystalline SiGe with or without adding carbon. Instead of depositing pure, generally amorphous or polycrystalline Si layers and subsequently implanting and tempering or conducting in situ doping with doping elements, e.g. boron, phosphor, arsenic or antimony, Si<sub>1-y</sub>C<sub>y</sub> or SiGeC deposition is used.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf einen integrierten hochohmigen polykristallinen Siliziumwiderstand und ein Verfahren zu einer Herstellung, bei dem die Toleranzempfindlichkeit während des Herstellungsprozesses und damit der Widerstandstoleranzwert verbessert, der Temperaturkoeffizient gegenüber bisherigen derartigen Widerständen verringert und die Stabilität derartiger Widerstände zu erhöht wird. Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch die Reduzierung der Diffusion bzw. des Diffusionskoeffizienten der Dotierelemente innerhalb der einkristallinen Körner aufgrund des Einbaus von Kohlenstoff und/oder durch die Anwendung von polykristallinem SiGe mit oder ohne Kohlenstoffbeigabe erreicht. Anstelle der bisher üblichen Abscheidung von reinen, meist amorphen oder polykristallinen Si-Schichten und anschliessender Implantation und Temperung oder auch in-situ-Dotierelementen, z.B. Bor, Phosphor, Arsen oder Antimon, wird eine Abscheidung von Si<sub>1-y</sub>C<sub>y</sub> oder SiGeC angewandt.

15



# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                                   |    |   |    |                                |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                           | LS | Lesotho   | SI | Slowenien                      |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                          | LT | Litauen   | SK | Slowakei                       |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                        | LU | Luxemburg                                       | SN | Senegal                        |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                             | LV | Lettland  | SZ | Swasiland                      |
| AZ | Aserbaidshan                 | GB | Vereinigtes Königreich            | MC | Monaco  | TD | Tschad                         |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                          | MD | Republik Moldau                                 | TC | Togo                           |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                             | MG | Madagaskar                                      | TJ | Tadschikistan                  |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                            | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                   |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                      | ML | Mali  | TR | Türkei                         |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                            | MN | Mongolei  | TT | Trinidad und Tobago            |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                            | MR | Mauretanien                                     | UA | Ukraine                        |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                            | MW | Malawi  | UG | Uganda                         |
| BY | Belarus                      | IS | Island                            | MX | Mexiko  | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                           | NE | Niger   | UZ | Usbekistan                     |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                             | NL | Niederlande                                     | VN | Vietnam                        |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                             | NO | Norwegen  | YU | Jugoslawien                    |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                       | NZ | Neuseeland                                      | ZW | Zimbabwe                       |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen   |    |                                |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                    | PT | Portugal  |    |                                |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                        | RO | Rumänien  |    |                                |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                         | RU | Russische Föderation                            |    |                                |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                     | SD | Sudan   |    |                                |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                         | SE | Schweden  |    |                                |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                           | SG | Singapur  |    |                                |
| EE | Estland                      |    |                                   |    |   |    |                                |

## INTEGRIERTER POLYKRISTALLINER SILIZIUMWDERSTAND MIT KOHLENSTOFF ODER GERMANIUM

5

Die Erfindung bezieht sich auf einen integrierten hochohmigen polykristallinen Siliziumwiderstand und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

10

In der Mikroelektronik werden integrierte Widerstände sowohl in analogen als auch in digitalen Schaltungen bzw. Schaltkreisen verwendet. Diese Widerstände sollten möglichst geringe Toleranzen und eine hohe Stabilität aufweisen. Widerstände auf der Basis polykristalliner Materialien sind eine besonders kostengünstige Variante, erreichen aber  
15 insbesondere bei hochohmigen Widerständen für viele Anwendungszwecke keine ausreichenden Stabilitäts- und Toleranzwerte.

In integrierten Schaltkreisen werden aufgrund der Kompatibilität zu den üblichen technologischen Herstellungsverfahren und der relativ einfachen Variationsmöglichkeit, z. B. durch Dotierung, Halbleiterwiderstände verwendet. Als Grundmaterial werden sowohl  
20 amorphe als auch polykristalline Halbleiterschichten, insbesondere Silizium, benutzt.

Widerstandseigenschaften wie z. B. Widerstandswert, Widerstandstoleranzen und Temperaturstabilität werden im wesentlichen durch die geometrischen Abmessungen der Widerstandsschicht, durch das verwendete Grundmaterial, durch die Dotierelemente, durch das verwendete Dotierungsverfahren, durch die Dotierungskonzentration und durch  
25 nachfolgende Prozesse, vor allem durch die dabei auftretenden Temperatur/Zeit-Belastungen, bestimmt.

Bei hochohmigen Polysiliziumschichten treten aufgrund der Kornstruktur Stabilitätsprobleme auf. Die Ursachen hierfür sind insbesondere die Ausdiffusion der Dotanden aus den einkristallinen Gebieten, die Segregation der Dotierstoffe an den Korngrenzen, die Verhaftung von Ladungsträgern in tiefen Traps der Korngrenzen sowie die damit verbundene  
5 Bildung von Potentialbarrieren an den Korngrenzen. Die daraus resultierende Erhöhung der Widerstandstoleranz, insbesondere durch die Temperatur/Zeit-Belastung bei nachfolgenden Prozeßschritten, und des Temperaturkoeffizienten führt zu Einschränkungen der Applikation von hochohmigen polykristallinen Widerständen.

- 10 Aufgabe der Erfindung ist es, einen integrierten hochohmigen polykristallinen Siliziumwiderstand und ein Verfahren zu seiner Herstellung vorzuschlagen, bei dem die Toleranzempfindlichkeit während des Herstellungsprozesses und damit der Widerstandstoleranzwert verbessert sowie der Temperaturkoeffizient gegenüber bisherigen derartigen Widerständen verringert wird. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, die  
15 Stabilität derartiger Widerstände zu erhöhen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Reduzierung der Diffusion bzw. des Diffusionskoeffizienten der Dotierelemente innerhalb der einkristallinen Körner aufgrund des Einbaus von Kohlenstoff und/oder durch die Anwendung von polykristallinem SiGe mit oder  
20 ohne Kohlenstoffbeigabe erreicht.

Damit ist es möglich, hochohmige Polysiliziumwiderstände, insbesondere mit Schichtwiderständen  $R_S \geq 10^3 \Omega/$  mit verbesserten Toleranz- und Stabilitätswerten herzustellen.

Anstelle der bisher üblichen Abscheidung von reinen, meist amorphen oder polykristallinen  
25 Si-Schichten und anschließender Implantation und Temperung oder auch in-situ-Dotierung

mit Dotierelementen, z. B. Bor, Phosphor, Arsen oder Antimon, wird eine Abscheidung von  $\text{Si}_{1-y}\text{C}_y$  oder SiGeC angewandt.

Dabei wird der Effekt ausgenutzt, daß eine Kohlenstoffbeigabe zu einer Reduzierung der Diffusionskoeffizienten der Dotierelemente, insbesondere Bor, und damit zu einer Reduzierung bzw. Verhinderung der Segregationseffekte an den Korngrenzen bzw. der Ausdiffusion der Dotierelemente aus den einkristallinen Bereichen führt. Dies bewirkt eine Stabilisierung der Potentialbarriere und führt damit zu einer Reduzierung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes.

Die Verwendung von SiGe als Grundmaterial führt ebenfalls zu einer Reduzierung der Temperaturabhängigkeit.

Die Zugabe von Kohlenstoff und/oder Germanium in das Silizium erfolgt beispielsweise in situ oder durch eine Implantation mit anschließender Temperung.

Durch die Kombination beider Beigaben in Form einer SiGeC-Schicht verstärken sich die obengenannten Effekte.

Mit dem angegebenen Verfahren lassen sich somit hochohmige polykristalline Siliziumwiderstände mit reduziertem Temperaturkoeffizienten, erhöhter Stabilität und verbesserten Toleranzwerten herstellen.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau eines integrierten polykristallinen Widerstandes. Der erfindungsgemäße Widerstand besteht aus einem Substrat 1, einem Dielektrikum 2, einer dotierten polykristallinen Schicht 3 und metallischen Kontakten 4. Die polykristalline Schicht 3 besteht aus SiGeC, aber auch  $\text{Si}_{1-y}\text{C}_y$  oder SiGe liegen im Bereich der Erfindung.

- 5 Die geometrischen Abmessungen und die Dotierung der polykristallinen Schicht 3 richten sich nach dem zu erzielenden Widerstandswert.

Zur Herstellung wird auf ein Substrat 1 ein Dielektrikum 2 abgeschieden. Anschließend erfolgt eine Abscheidung und Strukturierung der polykristallinen bzw. noch amorphen Schicht 3. Neben der Bor-Dotierung erfolgt die Zugabe von Kohlenstoff und/oder Germanium  
10 in das Silizium in situ oder durch eine Implantation mit anschließender Temperung. Die Konzentrationen von Bor, Kohlenstoff und Germanium richten sich ebenfalls nach dem zu erzielenden Widerstandswert. Anschließend erfolgt die weitere Abscheidung des Dielektrikums 2 und die Herstellung der metallischen Kontakte 4.

- 15 In der vorliegenden Erfindung wurde anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels ein integrierter hochohmiger polykristalliner Siliziumwiderstand und ein Verfahren zu seiner Herstellung erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung im Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist, da im Rahmen der Patentansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

## Patentansprüche

- 5 1. Integrierter hochohmiger polykristalliner Siliziumwiderstand, der ein Substrat (1), ein Dielektrikum (2), eine Widerstandsschicht und Kontakte (4) beinhaltet, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Widerstandsschicht aus einer polykristallinen Schicht (3) aus SiC, SiGe oder SiGeC besteht.
- 10 2. Integrierter hochohmiger Siliziumwiderstand nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die polykristalline Schicht (3) mit Dotierelementen, insbesondere Bor, dotiert ist.
3. Integrierter hochohmiger Siliziumwiderstand nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch**  
15 **gekennzeichnet**, daß das Substrat (1) Kohlenstoff und/oder Germanium enthält.
4. Verfahren zur Herstellung eines integrierten hochohmigen polykristallinen Siliziumwiderstandes, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:
  - Abscheidung eines Dielektrikums (2) auf ein Substrat (1), insbesondere einen Si-  
20 Wafer,
  - Abscheidung und Dotierung einer amorphen oder polykristallinen Schicht (3) aus SiC, SiGe oder SiGeC,
  - weitere Abscheidung des Dielektrikums (2) und Herstellung der metallischen Kontakte (4).

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß neben einer Bor-Dotierung die Zugabe von Kohlenstoff und/oder Germanium in das Silizium in situ erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß neben der Bor-Dotierung  
5 die Zugabe von Kohlenstoff und/oder Germanium in das Silizium durch eine Implantation mit anschließender Temperung erfolgt.

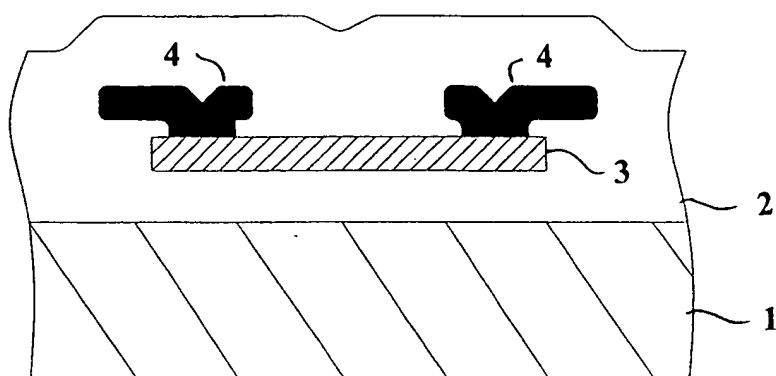


Fig. 1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inventor's Application No.  
PCT/DE 99/03362

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 013, no. 181 (E-750),<br>27 April 1989 (1989-04-27)<br>& JP 01 007549 A (FUJITSU LTD),<br>11 January 1989 (1989-01-11)<br>abstract<br>-& JP 01 007549 A (FUJITSU LTD)<br>11 January 1989 (1989-01-11)<br>page 2, right-hand column; figure 1 | 1,2,4,5               |
| X          | EP 0 116 702 A (IBM)<br>29 August 1984 (1984-08-29)<br>page 6, paragraph 3 -page 8, paragraph 3;<br>claims; example 2  | 1,2,4,6               |
|            | ---  |                       |
|            | -/--   |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 March 2000

Date of mailing of the international search report

24/03/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 008, no. 139 (E-253),<br>28 June 1984 (1984-06-28)<br>& JP 59 048952 A (SONY KK),<br>21 March 1984 (1984-03-21)<br>abstract  | 1,2,4,6               |
| X          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 004, no. 036 (E-003),<br>26 March 1980 (1980-03-26)<br>& JP 55 008026 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND<br>CO LTD), 21 January 1980 (1980-01-21)  | 1,3                   |
| A          | abstract<br>-& JP 55 008026 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND<br>CO LTD) 21 January 1980 (1980-01-21)<br>page 2; figure 3   | 4,6                   |
| A          | EP 0 859 402 A (TEXAS INSTRUMENTS INC)<br>19 August 1998 (1998-08-19)<br>column 3, line 49 -column 5, line 16;<br>claims 1,6,7   | 1,2,4-6               |
| A          | LI V Z-Q ET AL: "Structure and<br>properties of rapid thermal chemical vapor<br>deposited polycrystalline<br>silicon-germanium films on SiO <sub>2</sub> using<br>Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , GeH <sub>4</sub> , and B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> gases"<br>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS,<br>vol. 83, no. 10, 15 May 1998 (1998-05-15),<br>pages 5469-5476, XP000769723<br>ISSN: 0021-8979<br>abstract<br>section I "Introduction" | 5                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inventor's name Application No

PCT/DE 99/03362

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------|
| JP 01007549 A                          | 11-01-1989       | NONE                    |                  |
| EP 0116702 A                           | 29-08-1984       | JP 59152657 A           | 31-08-1984       |
| JP 59048952 A                          | 21-03-1984       | NONE                    |                  |
| JP 55008026 A                          | 21-01-1980       | NONE                    |                  |
| EP 0859402 A                           | 19-08-1998       | JP 10209440 A           | 07-08-1998       |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

titel Art. 17 Abs. 1 Ziffer 1

PCT/DE 99/03362

## A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L21/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 013, no. 181 (E-750),<br>27. April 1989 (1989-04-27)<br>& JP 01 007549 A (FUJITSU LTD),<br>11. Januar 1989 (1989-01-11)<br>Zusammenfassung<br>-& JP 01 007549 A (FUJITSU LTD)<br>11. Januar 1989 (1989-01-11)<br>Seite 2, rechte Spalte; Abbildung 1 | 1,2,4,5            |
| X          | EP 0 116 702 A (IBM)<br>29. August 1984 (1984-08-29)<br>Seite 6, Absatz 3 -Seite 8, Absatz 3;<br>Ansprüche; Beispiel 2   | 1,2,4,6            |

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

7. März 2000

Abschließdatum des Internationalen Recherchenberichts

24/03/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |   |                    |
|--|---|--------------------|
| Kategorie*   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
| X  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 008, no. 139 (E-253),<br>28. Juni 1984 (1984-06-28)<br>& JP 59 048952 A (SONY KK),<br>21. März 1984 (1984-03-21)<br>Zusammenfassung   | 1,2,4,6            |
| X  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 004, no. 036 (E-003),<br>26. März 1980 (1980-03-26)<br>& JP 55 008026 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND<br>CO LTD), 21. Januar 1980 (1980-01-21)   | 1,3                |
| A  | Zusammenfassung<br>-& JP 55 008026 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND<br>CO LTD) 21. Januar 1980 (1980-01-21)<br>Seite 2; Abbildung 3   | 4,6                |
| A  | EP 0 859 402 A (TEXAS INSTRUMENTS INC)<br>19. August 1998 (1998-08-19)<br>Spalte 3, Zeile 49 -Spalte 5, Zeile 16;<br>Ansprüche 1,6,7  | 1,2,4-6            |
| A  | LI V Z-Q ET AL: "Structure and<br>properties of rapid thermal chemical vapor<br>deposited polycrystalline<br>silicon-germanium films on SiO <sub>2</sub> using<br>Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , GeH <sub>4</sub> , and B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> gases"<br>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS,<br>Bd. 83, Nr. 10, 15. Mai 1998 (1998-05-15),<br>Seiten 5469-5476, XP000769723<br>ISSN: 0021-8979<br>Zusammenfassung<br>Abschnitt I. "Introduction" | 5                  |

# INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

In. Nr. Kennzeichen

PCT/DE 99/03362

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| JP 01007549 A                                      | 11-01-1989                    | KEINE                             |                               |
| EP 0116702 A                                       | 29-08-1984                    | JP 59152657 A                     | 31-08-1984                    |
| JP 59048952 A                                      | 21-03-1984                    | KEINE                             |                               |
| JP 55008026 A                                      | 21-01-1980                    | KEINE                             |                               |
| EP 0859402 A                                       | 19-08-1998                    | JP 10209440 A                     | 07-08-1998                    |